

多様体幾何モデルにおける位相構造表現とそれらの変換則に関する研究

北海道大学大学院工学研究科 ○ 山野内理晃 田中文基 岸浪建史

要旨

異なるソフトウェア間で幾何モデルデータの受け渡しを行う場合、相互のデータ形式への直接変換や中間ファイルを用いたデータ変換を行わなければならない。本研究では、多様体における位相構造の異なる表現形式間で、データ変換可能であるのはどのような表現形式の組み合わせであるかを理論的に明らかにし、データ変換可能な表現形式について、その変換則を導き出し、実装により検証する。

1. はじめに

異なるソフトウェア間において幾何モデルデータの受け渡しを行う場合、相互のデータ形式への直接変換や中間ファイルを用いたデータ変換を行う必要がある。しかし、同じ位相構造をもつ多様体幾何モデルにおいて、その位相構造表現形式の違いにより表現可能な位相構造の定義領域が異なるため、データ変換が困難となっている。そこで本研究では、同じ位相構造をもつ多様体幾何モデルにおける表現形式間での、変換可能な組み合わせとその変換則を理論的に明らかにし、実装によりデータ変換が可能であることを示す。

2. 位相と隣接関係

位相は、モデルにおいて組織化の要素として働き、統一した全体構造を与え、隣接関係によって表現される。本研究で用いた隣接関係表記法を以下に示す。

・位相要素記号

S : Shell, F : Face, L : Loop, E : Edge, V : Vertex

・順序付け

[] : linear, < > : cyclic, { } : unordered

・隣接関係

A[B] : 参照要素 A に隣接要素 B が linear に隣接

A : 参照要素 A に隣接要素 B が cyclic に隣接

A{B} : 参照要素 A に隣接要素 B が unordered に隣接

・Correspondence

同じ要素型を持つ隣接関係間での隣接結合で、順序付けが整理されるように隣接情報をつなぐ。隣接関係間を dash “-” でつなぐ。

3. 定義領域とデータ変換の可能性

位相を用いてモデルを表現するためには次の性質が必要である。

位相十分性：完全明確に隣接位相を表現する能力

完全性：隣接関係から全ての位相情報を生成できること

明確さ：隣接関係から一意に隣接グラフを導出できること

位相構造における隣接関係に対して、隣接グラフの性質 (Self-loop, 多重グラフを含むかどうか、連結グラフか非連結グラフかどうか) を基に4つに分割できる。これらの分割領域を位相構造の定義領域と名付ける。次に、位相構造の表現形式に含まれる隣接関係が、位相十分性を満たしている定義領域を図1に示す。例えば、表現形式(b)は、位相十分性を満たしている定義

領域として定義領域2と4をもつ。

また、本研究で用いた、表現形式(a)から(d)に該当する実際のデータ形式を以下に示す。

・表現形式(a)

Winged-Edge, Face-Edge, Vertex-Edge 構造 [1]

・表現形式(b)

STEP Faceted B-rep [2]

・表現形式(d)

VRML [3], Wavefront, Softimage

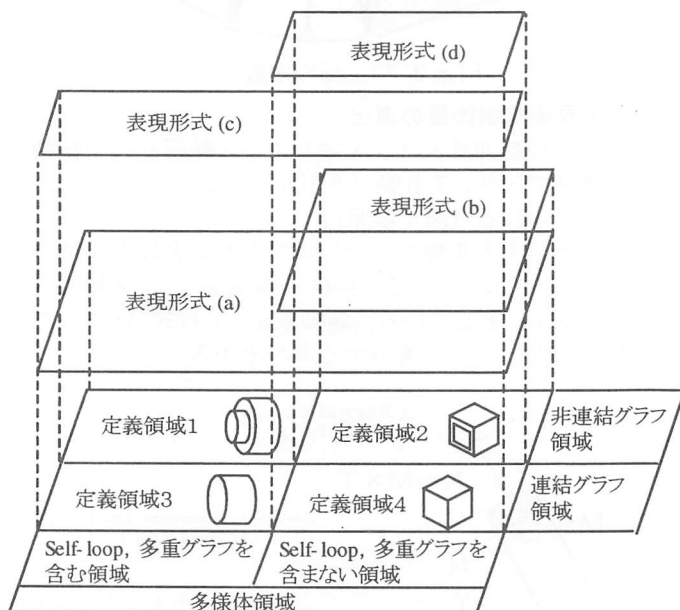


図1 表現形式に対する位相十分性を満たす定義領域

次に位相データ変換の可能性について考える。モデルを表現する隣接関係が共に位相十分性を満たすならば、モデルを曖昧さなく表現するために必要な隣接関係を生成でき、その隣接関係から一意に隣接グラフを導出できるため、それらの隣接関係間での相互の隣接関係変換は可能である。よって、2つのモデル表現形式間においてデータ変換可能である為には、モデルの定義領域において位相隣接関係が十分でなければならないと考えられる。このことから、変換可能な組み合わせは次のようになる。

・定義領域1のモデルに対しては、表現形式(a)のデータ形式間でのみ変換可能である。

・定義領域2のモデルに対しては、表現形式(a), (b)のデータ形式間で変換可能である。

- ・定義領域3のモデルに対しては、表現形式(a), (c) のデータ形式間で変換可能である。
- ・定義領域4のモデルに対しては、表現形式(a), (b), (c), (d)のデータ形式間で変換可能である。

4. 位相データ変換アルゴリズム

データ変換可能なモデルに対する、相互変換アルゴリズムをSTEP Faceted B-rep, VRMLを例として考える。

STEP Faceted B-repの表現形式を図2(a)に示す。STEP Faceted B-repは位相要素としてS, F, L, V、隣接関係としてS{F}, F{L}, L<V>を持つ(図2(b))。VRMLの表現形式を図3(a)に示す。VRMLは位相要素としてF, V、隣接関係としてF<V>を持つ(図3(b))。図2, 3(b)において、破線で囲まれた要素はその表現形式内では用いられないことを示している。

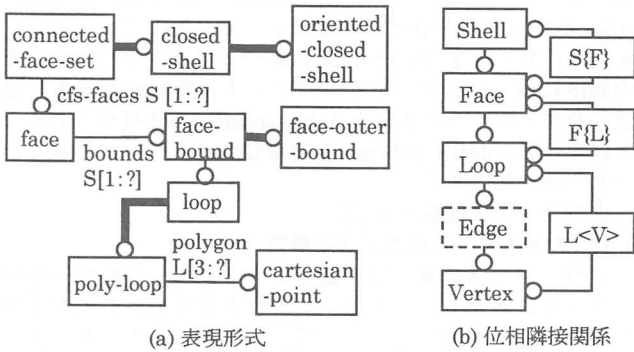


図2 STEP Faceted B-rep表現形式と隣接関係

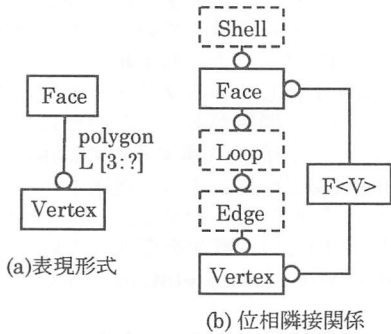


図3 VRML表現形式と隣接関係

VRMLからSTEP Faceted B-repへの変換を以下に示す(図4参照)。

- ・VRMLがもつ要素 f_i, v_i を基に f_i, l_i, v_i を導出し、 s_i を生成する。
- ・隣接関係 $F<V>$ を変換し、 $L<V>, F\{L\}$ を導出し、 $S\{F\}$ を生成する。

STEP Faceted B-repからVRMLへの変換を以下に示す(図5参照)。

- ・STEP Faceted B-repがもつ要素 f_i, l_i, v_i から f_i, v_i を導出し、 s_i を消去する。
- ・隣接関係 $F\{L\}$ を参照して $L<V>$ を変換して $F<V>$ を導出し、 $S\{F\}$ を消去する。

5. 実装結果

上記に示されたアルゴリズムをJAVAを用いて実装し、モデルを四面体(図6参照)としてデータ変換を行った。

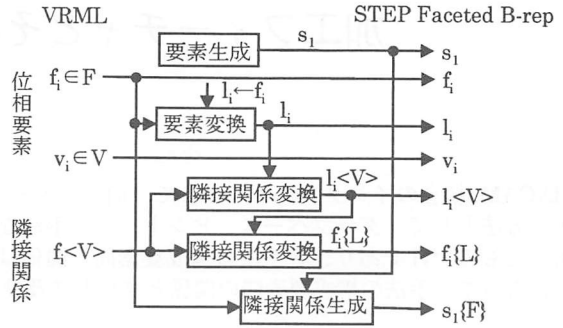


図4 VRML ⇒ STEP Faceted B-rep

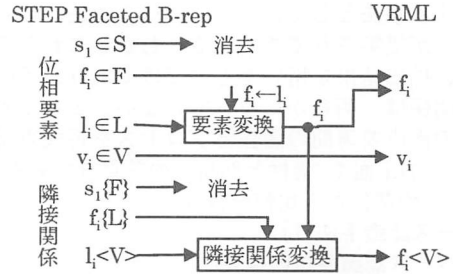


図5 STEP Faceted B-rep ⇒ VRML

四面体は定義領域4内にあるのでSTEP Faceted B-rep, VRML間のデータ変換は可能である。VRMLからSTEP Faceted B-repへの変換結果を表1に、STEP Faceted B-repからVRMLへの変換を表2に示す。

表1 VRML ⇒ STEP Faceted B-rep 位相データ

入力位相データ		出力位相データ					
f_i	$\langle V \rangle$	$f_i = l_i$	l_i	$\langle V \rangle$	$f_i \{L\}$	S	$\{F\}$
f_1	$\langle v_1 v_2 v_4 \rangle$	$f_1 = l_1$	l_1	$\langle v_1 v_2 v_4 \rangle$	$f_1 \{l_1\}$	s_1	$\{f_1 f_2 f_3 f_4\}$
f_2	$\langle v_2 v_3 v_4 \rangle$	$f_2 = l_2$	l_2	$\langle v_2 v_3 v_4 \rangle$	$f_2 \{l_2\}$		
f_3	$\langle v_3 v_1 v_4 \rangle$	$f_3 = l_3$	l_3	$\langle v_3 v_1 v_4 \rangle$	$f_3 \{l_3\}$		
f_4	$\langle v_1 v_3 v_2 \rangle$	$f_4 = l_4$	l_4	$\langle v_1 v_3 v_2 \rangle$	$f_4 \{l_4\}$		

表2 STEP Faceted B-rep ⇒ VRML 位相データ

入力位相データ		出力位相データ		
l_i	$\langle V \rangle$	$l_i = f_i$	f_i	$\langle V \rangle$
l_1	$\langle v_1 v_2 v_4 \rangle$	$l_1 = f_1$	f_1	$\langle v_1 v_2 v_4 \rangle$
l_2	$\langle v_2 v_3 v_4 \rangle$	$l_2 = f_2$	f_2	$\langle v_2 v_3 v_4 \rangle$
l_3	$\langle v_3 v_1 v_4 \rangle$	$l_3 = f_3$	f_3	$\langle v_3 v_1 v_4 \rangle$
l_4	$\langle v_1 v_3 v_2 \rangle$	$l_4 = f_4$	f_4	$\langle v_1 v_3 v_2 \rangle$

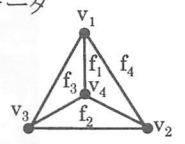


図6 四面体隣接グラフ

6. おわりに

本研究では以下の結論が得られた。

- ・2つのモデル表現形式間においてデータ変換可能である為には、モデルの定義領域において位相隣接関係が十分になければならない事を示した。
- ・対象モデルを多面体として、VRML, STEP Faceted B-repを用いて位相隣接関係を変換することによる位相データ変換則を提案し、その変換則を用いた変換が可能であることを実装により確認した。

参考文献

[1] Kevin J. Weiler "TOPOLOGICAL STRUCTURES FOR GEOMETORIC MODERING" DOCTOR Thesis of Rensselaer Polytechnic Institute (1986.8)
 [2] STEP Faceted B-rep ISO/CD 10303-512.2:1997
 [3] VRML97 Specification, ISO/IEC DIS 14772:1997